



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 05 051 A 1**

⑥ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**C 03 C 4/00**  
C 03 B 19/01  
C 03 B 20/00

⑲ Aktenzeichen: 100 05 051.4  
⑳ Anmeldetag: 4. 2. 2000  
㉓ Offenlegungstag: 31. 5. 2001

DE 100 05 051 A 1

⑥⑧ Innere Priorität:  
199 54 759. 9 15. 11. 1999

⑦① Anmelder:  
Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG, 63450 Hanau,  
DE

⑦④ Vertreter:  
Söll, E., Dipl.-Ing., 63450 Hanau

⑦② Erfinder:  
Uebbing, Bruno, Dr., 63755 Alzenau, DE; Vydra,  
Jan, Dr., 63456 Hanau, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
EP 06 91 312 A1  
EP 05 36 631 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Quarzglaskörper für ein optisches Bauteil und Verfahren zu seiner Herstellung

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen Quarzglaskörper für ein optisches Bauteil für die Übertragung ultravioletter Strahlung einer Wellenlänge von 250 nm und kürzer, insbesondere für eine Wellenlänge von 157 nm, sowie ein Verfahren zur Herstellung des Quarzglaskörpers, wobei feine Quarzglasteilchen durch Flammenhydrolyse einer Siliziumverbindung gebildet, abgeschieden und verglast werden. Die Eignung eines Quarzglases im Sinne hoher Grundtransmission und Strahlenbeständigkeit hängt von seinen strukturellen Eigenschaften, die durch lokale Stöchiometrieabweichungen verursacht sind, und von seiner chemischen Zusammensetzung ab. Der erfindungsgemäße Quarzglaskörper zeichnet sich durch eine uniforme (relative Änderung der Grundtransmission  $\leq 1\%$ ) Grundtransmission im Wellenlängenbereich zwischen 155 nm und 250 nm (Durchstrahlungslänge 10 mm) von mindestens 80%, geringem OH-Gehalt (kleiner 10 Gew.-ppm) und eine im wesentlichen von Sauerstoffdefektstellen freie Glasstruktur aus. Ein derartiger Quarzglaskörper wird mit einem Verfahren hergestellt, das den volumemäßigen Einbau von Sauerstoff oder Wasserstoff in das Glasnetzwerk ermöglicht, indem noch vor dem Verglasen eine Heißbehandlung in mindestens 2 Teilschritten im Temperaturbereich von 850°C bis 1600°C erfolgt, wobei der letzte Teilschritt eine Sinterung umfasst und wobei die Atmosphäre während mindestens einem der mindestens 2 Teilschritte Halogen, Wasserstoff, Sauerstoff oder eine Kombination dieser Stoffe als nicht zündfähiges ...

DE 100 05 051 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Quarzglaskörper für ein optisches Bauteil für die Übertragung ultravioletter Strahlung einer Wellenlänge von 250 nm und kürzer, insbesondere für eine Wellenlänge von 157 nm, sowie ein Verfahren zur Herstellung des Quarzglaskörpers, wobei feine Quarzglasteilchen durch Flammenhydrolyse einer Siliziumverbindung gebildet, abgeschieden und verglast werden.

Optische Bauteile aus synthetischem Quarzglas werden insbesondere für die Übertragung energiereicher, ultravioletter Laserstrahlung eingesetzt, beispielsweise in Belichtungsoptiken in Mikrolithographiegeräten für die Herstellung hochintegrierter Schaltungen in Halbleiterchips. Moderne Mikrolithographiegeräte arbeiten mit Excimerlasern, die energiereiche, gepulste UV-Strahlung einer Wellenlänge von 248 nm (KrF-Laser), von 193 nm (ArF-Laser) oder von 157 nm (F<sub>2</sub>-Laser) abgeben. Bei derart kurzwelliger UV-Strahlung kommen in den optischen Bauteilen aus Quarzglas jedoch strukturelle Defekte und damit einhergehende Absorptionen zum Tragen, die für Art und Qualität des jeweiligen Quarzglaskörpers charakteristisch sind. Die Eignung eines Quarzglases im Sinne hoher Grundtransmission und Strahlenbeständigkeit hängt von seinen strukturellen Eigenschaften, die durch lokale Stöchiometrieabweichungen verursacht sind, und von seiner chemischen Zusammensetzung ab. Beispielsweise kann eine hohe Wasserstoffkonzentration zum Ausheilen von Defekten und damit zu einem langsameren Anstieg der strahleninduzierten Absorption beitragen.

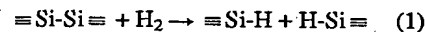
Es hat sich gezeigt, dass trotz ähnlicher chemischer oder struktureller Eigenschaften des Quarzglases die Eignung als optisches Bauteil verschieden sein kann, wenn das Quarzglas nach unterschiedlichen Herstellungsverfahren erhalten worden ist. Andererseits können zwar chemische und strukturelle Unterschiede vorhanden sein, diese können aber nicht eindeutig die zu beobachtende Transmission oder dem Schädigungsverhalten im Einsatz zugeordnet werden. Aus diesen Gründen läßt sich der Quarzglaskörper für ein optisches Bauteil gemäß der vorliegenden Erfindung am besten durch sein Herstellverfahren kennzeichnen.

Ein gattungsgemäßes optisches Bauteil für die Übertragung von UV-Strahlung einer Wellenlänge von weniger als 250 nm und ein Verfahren für seine Herstellung sind beispielsweise aus EP 691 312 A1 bekannt. Das darin beschriebene Bauteil wird aus einem vierstufigen Verfahren erhalten, in dem zunächst ein poröser Sootkörper mittels einer Halogenverbindung (Fluor- oder Chlorverbindung) dotiert bzw. dehydriert wird, was den gewünschten geringen OH-Gehalt im Glas einstellt. Dieser Sootkörper wird danach verglast und anschließend mit Wasserstoff und/oder Sauerstoff behandelt. Die Behandlung des verglasten Quarzglaskörpers unter Wasserstoff bzw. Sauerstoff kann jedoch nur in einem Oberflächenbereich geringer Tiefe des Quarzglaskörpers wirksam werden, da die Diffusionsgeschwindigkeit von Wasserstoff oder Sauerstoff in verglastem Quarzglas sehr klein ist. Dies führt dazu, daß nur die äußeren Partien eines so hergestellten Quarzglaskörpers die erforderliche Qualität für den Einsatz in sehr kurzwelliger UV-Strahlung zeigen und die Eindringtiefe der Wasserstoff- bzw. Sauerstoff-Dotierung erst durch aufwendige Analysenmethoden ermittelt werden muß.

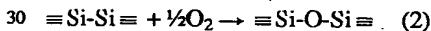
Die Absorption von Quarzglas wird im Wellenlängenbereich zwischen 140 und 200 nm im wesentlichen durch die sogenannte Urbach-Kante (drastisch zunehmende Absorption unterhalb ca. 155 nm; siehe: I. T. Godmanis, A. N. Trukhin, K. Hübner "Exciton-Phonon Interaction in Crystalline and Vitreous SiO<sub>2</sub>", Phys. Stat. Sol. (b), 116 (1983),

279-287) und die Absorptionsbande der Sauerstofffehlstelle (ODC I-Bande bei 164 nm, siehe: L. Skuja, "Optically active oxygendeficiency-related centers in amorphous silicon dioxide", Journal of Non-Crystalline Solids, 239 (1998), 16-48) bedingt. Aus diesem Grund ist es nötig, die Absorptionskante zu möglichst kurzen Wellenlängen zu schieben, sowie die Konzentration von Sauerstofffehlstellen möglichst gering zu halten.

Eine zusätzliche Absorptionsbande (bei ca. 160 nm) wird im Quarzglas durch den OH-Gehalt verursacht. Bei Erhöhung des OH-Gehaltes wird diese in Richtung längerer Wellenlängen verschoben (H. Imai, K. Arai, H. Hosono, Y. Abe, T. Arai, H. Imagawa, "Dependence of defects induced by excimer laser on intrinsic structural defects in synthetic glasses", Phys. Rev. B, 44 (1991), 4812-4817). Ein daher wünschenswerter, niedriger OH-Gehalt kann beispielsweise durch Heißbehandlung eines porösen Sootkörpers aus synthetischem Quarzglas mit einer Halogenverbindung erreicht werden. Im Quarzglas mit niedrigem OH-Gehalt tritt jedoch eine weitere Absorptionsbande auf, die auf der Sauerstofffehlstelle vom Typ  $\equiv\text{Si}-\text{Si}\equiv$  beruht. Durch eine Behandlung mit Wasserstoff bzw. Sauerstoff kann diese Bindung und somit die ODC I Absorptionsbande bei 164 nm nach folgenden Reaktionsmechanismen beseitigt werden:



bzw.



Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Quarzglaskörper für ein optisches Bauteil bereitzustellen, das für die Übertragung ultravioletter Strahlung einer Wellenlänge von 250 nm und kürzer, insbesondere für eine Wellenlänge von 157 nm, geeignet ist indem es maximale Homogenität aufweist und im genannten Wellenlängenbereich Absorptionsbanden vermieden werden. Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde ein rationelles, wirtschaftlich effektives Verfahren zur Herstellung eines derartigen Quarzglaskörpers anzugeben, das die Nachteile des Standes der Technik überwindet und den volumemäßigen Einbau von Sauerstoff oder Wasserstoff im Quarzglas ermöglicht.

Hinsichtlich des Quarzglaskörpers für ein optisches Bauteil wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Quarzglaskörper einen OH-Gehalt von nicht mehr als 10 Gew.-ppm und eine Glasstruktur im wesentlichen ohne Sauerstoffdefektstellen aufweist und dass dessen Grundtransmission im Wellenlängenbereich zwischen 155 nm und 250 nm bei einer Durchstrahlungslänge von 10 mm mindestens 80% beträgt, wobei die relative Änderung der Grundtransmission über die nutzbare Fläche des Quarzglaskörpers bei maximal einem Prozent liegt.

Der Quarzglaskörper gemäß vorliegender Erfindung zeichnet sich durch eine Kombination von Merkmalen aus, die in ihrer Gesamtheit das Quarzglas dauerhaft als optisches Bauteil für die Übertragung ultravioletter Strahlung einer Wellenlänge von 250 nm und kürzer, insbesondere für eine Wellenlänge von 157 nm tauglich machen. Die Eignung als optisches Bauteil ist durch eine Grundtransmission von mindestens 80% im fraglichen Wellenlängenbereich gegeben, die sich bei einer Glasstruktur im wesentlichen ohne Sauerstoffdefektstellen und bei einem niedrigen OH-Gehalt einstellt. Selbstverständlich zeichnet sich der erfindungsgemäße Quarzglaskörper auch durch Blasen- und Schlierenfreiheit aus. Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Quarzglaskörpers ist der, dass die hohe Grundtransmis-

sion über das gesamte Volumen des Quarzglaskörpers gewährleistet ist, da während des Herstellverfahrens mittels eines Heißbehandlungsschrittes vor dem Verglasen bereits Einfluß auf diesen Parameter genommen wird, indem Defektstellen vermieden oder durch Zugabe von Dotierstoffen ausgeglichen werden. Die hohe Uniformität der Grundtransmission des erfindungsgemäßen Quarzglaskörpers ist durch eine relative Änderung der Transmission von maximal einem Prozent ( $\leq 1\%$ ) gekennzeichnet, die sich aus Messungen der Transmission über der nutzbaren Fläche des Quarzglaskörpers ergibt.

Unter der Grundtransmission einer Probe wird die interne Transmission  $T$  nach Abzug der Fresnelschen Reflexionsverluste gemäß der Formel  $T = 10^{-kd}$  verstanden, wobei  $k$  den dekadischen Extinktionskoeffizienten und  $d$  die durchstrahlte Länge der Probe bezeichnen.

Vorteilhaft für den Quarzglaskörper als optisches Bauteil zur Übertragung ultravioletter Strahlung einer Wellenlänge von 250 nm und kürzer ist es weiterhin, wenn die Spannungsdoppelbrechung weniger als 10 nm/cm und die Inhomogenität im Brechungsindex  $\Delta n$  weniger als  $20 \cdot 10^{-6}$  beträgt. Ein derartiger Quarzglaskörper zeigt eine sehr hohe Homogenität. Als Inhomogenität im Brechungsindex wird der Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Brechwert innerhalb einer Probe verstanden. Die Brechungsindexunterschiede werden interferometrisch bei einer Wellenlänge von 633 nm gemessen. Die Spannungsdoppelbrechung als weiterer Kennwert für die Homogenität eines optischen Glases wird durch den Gangunterschied von zwei senkrecht zueinander polarisierten Lichtstrahlen beim Durchgang durch die Probe bestimmt, ebenfalls bei einer Wellenlänge von 633 nm.

Ein die vorgenannten Merkmale zeigender Quarzglaskörper ist vorteilhafterweise ein Rohling für ein Spiegelsubstrat oder für ein Maskensubstrat zum Einsatz in der Mikrolithographie, wobei auch für Spiegelsubstrate eine hohe Grundtransmission erforderlich ist, wenn sie beispielsweise als Strahlteiler verwendet werden, deren Reflektionsgrad von der Polarisation des einfallenden Lichtes abhängt. Als Spiegelsubstrat allgemein werden Substrate für dielektrische Verspiegelungen bezeichnet, wobei sowohl hochreflektierende als auch teilreflektierende Verspiegelungen auf das Substrat aufgebracht werden. In letzterem Fall ist in der Regel eine hohe Grundtransmission des Spiegelsubstrats unabdingbar.

Soll der erfindungsgemäße Quarzglaskörper bevorzugt als Rohling für eine Linse in einem Mikrolithographiegerät zum Einsatz kommen, werden noch höhere Qualitätsansprüche insbesondere hinsichtlich der Grundtransmission gestellt. Hierbei hat sich eine Grundtransmission von mindestens 95% als zweckmäßig erwiesen, wobei außerdem der OH-Gehalt kleiner 10 Gew.-ppm liegt und eine im wesentlichen von Sauerstoffdefektstellen freie Glasstruktur gewährleistet ist.

Die Werte für die Spannungsdoppelbrechung sind für einen Linsenrohling oder einen ähnlich anspruchsvollen Einsatzzweck in der Optik vorteilhafterweise kleiner 2 nm/cm und die Inhomogenität im Brechungsindex  $\Delta n$  liegt unter  $2 \cdot 10^{-6}$ .

Der Grund für die erhöhten Qualitätsansprüche liegt darin, dass durch Inhomogenitäten eines Linsenrohlings nicht korrigierbare Abbildungsfehler erzeugt werden, die die minimale Auflösung eines Lithographiegerätes begrenzen und somit den Einsatz für hochintegrierte Schaltkreise unmöglich machen. An den Rohling für eine Linse werden daher noch höherer Anforderungen in Bezug auf Grundtransmission und Homogenität gestellt als dies beispielsweise für die oben genannten Maskensubstrate der Fall ist.

Hinsichtlich der Herstellung eines vorgenannten Quarzglaskörpers wird die Aufgabe erfindungsgemäß mit einem Verfahren gelöst, das die folgenden Schritte umfasst:

- a) Hydrolisieren einer Silizium-Verbindung in einer Flamme, wobei feine Quarzglasteilchen entstehen;
- b) Abscheiden der feinen Quarzglasteilchen auf einem Träger unter Bildung eines porösen Sootkörpers;
- c) Heißbehandeln des Sootkörpers aus Schritt b) in mindestens 2 Teilschritten im Temperaturbereich von 850°C bis 1600°C, wobei der letzte Teilschritt eine Sinterung umfasst und wobei die Atmosphäre während mindestens einem der mindestens 2 Teilschritte Halogen, Wasserstoff, Sauerstoff oder eine Kombination dieser Stoffe als nicht zündfähiges Gemisch enthält.

Das erfindungsgemäße Verfahren gewährleistet einerseits durch die Behandlung des porösen Sootkörpers mit einem Halogen oder einer Halogenverbindung einen niedrigen OH-Gehalt und andererseits einen volumenmäßigen Einbau von Sauerstoff bzw. Wasserstoff in das Quarzglasnetzwerk, um auf diese Weise die im fraglichen Wellenlängenbereich kleiner 250 nm, insbesondere kleiner 200 nm, auftretende Absorptionsbande(n), zu vermeiden. Zur Herstellung eines gattungsgemäßen Quarzglaskörpers haben sich Verfahrenswesen durchgesetzt, die als VAD-Verfahren (vapor-phase deposition; axiale Abscheidung aus der Dampfphase) oder OVD Verfahren (outside vapor-phase deposition; Außenabscheidung auf einen hochtemperaturstabilen Trägerstab aus der Dampfphase) bezeichnet werden. In beiden Fällen wird zunächst ein poröser Rohling (Sootkörper) aus synthetischem Quarzglas erzeugt, indem durch Flammenhydrolyse einer siliziumhaltigen Verbindung  $\text{SiO}_2$ -Partikel auf einem Substrat abgeschieden werden. Daran schließt sich erfindungsgemäß eine Heißbehandlung des Sootkörpers an, der für die Qualität des dadurch erhältlichen Quarzglaskörpers im Hinblick auf den benötigten niedrigen OH-Gehalt sowie den volumenmäßigen Einbau von Sauerstoff bzw. Wasserstoff in das Quarzglasnetzwerk von entscheidender Bedeutung ist. Das erfindungsgemäße Verfahren ist wirtschaftlich besonders effektiv, da zusätzlich zum volumenmäßigen Einbau von Sauerstoff oder Wasserstoff während eines Heißbehandlungsschritts auch durch die Behandlung mit Halogen ein Dehydrierung des Sootkörpers im Sinne eines möglichst geringen OH-Gehaltes ermöglicht wird. Die Heißbehandlung, die in einem dementsprechend mit Vorrichtungen zur Gasführung ausgestatteten Ofen erfolgt, unterteilt sich in mindestens zwei Teilschritte, wobei der letzte Teilschritt eine Sinterung umfaßt, was zur Verglasung des bis dahin porösen Sootkörpers führt.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

Als zweckmäßig haben sich mehrere Varianten der Gasbeaufschlagung während der Heißbehandlung erwiesen. Eine Möglichkeit kennzeichnet sich dadurch aus, dass während des ersten Teilschrittes der Heißbehandlung die Atmosphäre Halogen und Wasserstoff oder Halogen und Sauerstoff enthält und der letzte Teilschritt unter Inertgas (z. Bsp. Stickstoff, Helium oder Argon) oder unter Vakuum erfolgt. Unter Halogen im Sinne der Erfindung soll auch eine Halogen enthaltende Verbindung verstanden werden. Alternativ kann während des ersten Teilschritts der Heißbehandlung die Atmosphäre nur Halogen oder ein Gemisch aus Halogenen bzw. Halogenverbindungen enthalten und während des letzten Teilschritts Wasserstoff oder Sauerstoff. Die jeweilige Beimischung eines Inertgases stört dabei das Verfahren und die Wirkungsweisen der vorgenannten Gase nicht. Unter den Halogenen bzw. Halogenverbindungen ha-

ben sich Fluor- oder Chlorverbindungen als zweckmäßig erwiesen, wobei in der Regel reines Chlorgas ( $\text{Cl}_2$ ), Salzsäure ( $\text{HCl}$ ), Siliziumtetrachlorid ( $\text{SiCl}_4$ ) bzw. Fluorgas ( $\text{F}_2$ ), Schwefelhexafluorid ( $\text{SF}_6$ ) oder Hexafluorethan ( $\text{F}_3\text{CCF}_3$ ) zum Einsatz kommen.

Die angegebenen Varianten in der Gasführung haben sich als vorteilhaft erwiesen, weil dadurch die Reaktionen gemäß der Reaktionsgleichungen (1) bzw. (2) besonders leicht ablaufen. Der Einsatz (Verbrauch) der Reaktionsgase erfolgt dementsprechend wirtschaftlich effektiv.

Was die Temperatur während der Heißbehandlung betrifft, so erfolgt diese im Bereich zwischen  $850^\circ\text{C}$  und  $1600^\circ\text{C}$ . Für den ersten Teilschritt der Heißbehandlung hat es sich jedoch als vorteilhaft erwiesen diesen in einem Temperaturbereich zwischen  $850^\circ\text{C}$  und  $1300^\circ\text{C}$  ablaufen zu lassen, da hierbei noch keine nennenswerte Verdichtung des Sootkörpers zu beobachten ist und dadurch die Einwirkung der zugeführten Gase auch auf die innere Oberfläche (im Volumen) des Sootkörpers besonders effektiv ist. Ein Sinterung bzw. Verglasung setzt erst oberhalb von etwa  $1300^\circ\text{C}$  langsam ein.

Zu einer weiteren Verbesserung hinsichtlich der Homogenität des herzustellenden Quarzglaskörpers kann ein zusätzlicher Verfahrensschritt d) beitragen, der eine Umformung und gegebenenfalls eine Temperung des Quarzglaskörpers beinhaltet. Die Umformung kann beispielsweise das Aufheizen des Quarzglaskörpers in einer Form unter Eigengewicht oder unter Aufbringen von zusätzlichem Druck (Druckstempel) umfassen. Ebenso kann eine verbesserte Homogenisierung dadurch erfolgen, dass der länglich ausgebildete Quarzglaskörper in eine Glas-Drehbank eingespannt, zonenweise (durch Brenner) erhitzt, was zur lokalen Erweichung des Quarzglases führt -, und unter einer in Richtung der Längsachse wirkenden Kraft verdrillt wird. Soweit sich mechanische Verspannungen durch die Umformung oder Homogenisierungsbehandlung ausbilden, können diese durch eine nachfolgende Temperung abgebaut werden. Es ist aber auch möglich, dass allein eine Temperung (ohne Homogenisierungsbehandlung) des Quarzglaskörpers erhalten nach den Verfahrensschritten a) bis c) im Temperaturbereich zwischen  $900^\circ\text{C}$  und  $1200^\circ\text{C}$  zu einer Verbesserung hinsichtlich Homogenität führt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen und von Zeichnungen näher beschrieben. Dabei zeigt

Fig. 1 den Verlauf der Transmission im Wellenlängenbereich zwischen 150 nm und 220 nm für nicht optimierte (Kurve A und B) und erfindungsgemäß optimierte Quarzglaskörper (Kurve C); und

Fig. 2 die Veränderung der normierten Transmission eines erfindungsgemäßen Quarzglaskörpers C bei Bestrahlung mit einem  $\text{F}_2$ -Laser bei bis zu  $1 \cdot 10^8$  Pulsen.

Aus Fig. 1 wird deutlich, dass erst der Quarzglaskörper mit dem Transmissionsverlauf gemäß Kurve C die Aufgabe der Erfindung befriedigend erfüllt. Dieser Quarzglaskörper C ist gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren entsprechend den im weiteren beschriebenen Parametern hergestellt. Kurve A repräsentiert eine Quarzglasprobe, die weder einer Halogen- noch eine Sauerstoffbehandlung unterzogen wurde; die Quarzglasprobe bzw. der Quarzglaskörper mit der Kurve B erfährt während seiner Herstellung zwar eine Halogenbehandlung, was zu einem entsprechend niedrigen OH-Gehalt führte, einhergehend mit der kurzwelligen Bandkante bei 155 nm. Dies führt aber zu erhöhter Absorption im Bereich zwischen 170 und 155 nm, was bei einem optischen Bauteil zum Einsatz in der Mikrolithographie nicht akzeptabel ist. Der erfindungsgemäße Quarzglaskörper mit der Kurve C ist aber demgegenüber für derartige

Zwecke geeignet, was sich auch mit der in Fig. 2 dargestellten Transmissionskurve bestätigt. Es zeigt sich nämlich, dass sich unter Bestrahlung mit einem  $\text{F}_2$ -Laser bei sich erhöhender Pulszahl die interne Transmission konstant bleibt, das heißt, dass sich der erfindungsgemäße Quarzglaskörper auch im Dauereinsatz unter kurzwelliger UV-Strahlung durch eine stabil hohe Grundtransmission auszeichnet.

Der so beschaffene Quarzglaskörper wird beispielsweise folgendermaßen hergestellt: Zunächst wird ein poröser  $\text{SiO}_2$ -Rohling erhalten, indem mittels Flammenhydrolyse von  $\text{SiCl}_4$  feinteilige Quarzglasteilchen entstehen, die auf einem Substrat abgeschieden werden. Als Substrat wird ein rotierender Substratteller eingesetzt. Durch die Rotation des Substrattellers und die Steuerung der Abscheidebrenner, über die die Hydrolyse des zugeführten  $\text{SiCl}_4$  erfolgt, bilden die abgeschiedenen Quarzglasteilchen nach und nach einen im wesentlichen zylinderförmigen porösen Körper (Sootkörper) oder dicken (porösen) Stab. Der so erhaltene poröse Quarzglaskörper wird in einem Ofen eingebracht. Anschließend wird der Ofen im Heliumdurchfluß allmählich auf die Temperatur der ersten Heißbehandlung (Dehydrierphase) erhöht ( $1000^\circ\text{C}$ ). Während der ersten Heißbehandlung wird ein Gemisch aus Hexafluorethan (10 Vol%) und Helium (90 Vol%) über 4 Stunden durch den Ofen geleitet. Im Anschluss wird die Ofentemperatur auf  $1350^\circ\text{C}$  (Sinterphase) erhöht und reiner Sauerstoff durch den Ofen geleitet. Während dieser 12 Stunden dauernden Phase wird der noch poröse Sootkörper im Zonensinterverfahren zu einem massiven Quarzglaskörper verglast. Nach der Verglasungsphase kühlt der Körper unter Sauerstoff im Ofen auf etwa  $150^\circ\text{C}$  ab und kann zur Weiterverarbeitung entnommen werden. Eine mögliche Weiterverarbeitung kann eine Homogenisierungsbehandlung mittels Temperung des Quarzglaskörpers umfassen. Dazu wird der Quarzglaskörper für etwa 20 Stunden bei  $1150^\circ\text{C}$  gehalten, anschließend mit einer Abkühlrate von  $10^\circ\text{C}$  pro Stunde auf zunächst  $900^\circ\text{C}$  abgekühlt. Danach wird der Temperofen ausgeschaltet und der Quarzglaskörper verbleibt im Temperofen bis dieser auf natürliche Weise auf Raumtemperatur abgekühlt ist. Zur Überprüfung der Eigenschaften des so hergestellten Quarzglaskörpers wird aus diesem ein Probekörper herausgeschnitten und hinsichtlich seiner optischen Eigenschaften vermessen. Es ergeben sich die mit Fig. 1 Kurve C und Fig. 2 dargestellten Merkmale in Bezug auf die Transmission.

#### Patentansprüche

1. Quarzglaskörper für ein optisches Bauteil zur Übertragung ultravioletter Strahlung einer Wellenlänge von 250 nm und kürzer, insbesondere für eine Wellenlänge von 157 nm, erhältlich durch das Verfahren nach Anspruch 7, der einen OH-Gehalt von nicht mehr als 10 Gew.-ppm, der eine Glasstruktur im wesentlichen ohne Sauerstoffdefektstellen aufweist und dessen Grundtransmission im Wellenlängenbereich zwischen 155 nm und 250 nm bei einer Durchstrahlungslänge von 10 mm mindestens 80% beträgt, wobei die relative Änderung der Grundtransmission über die nutzbare Fläche des Quarzglaskörpers bei maximal einem Prozent liegt.
2. Quarzglaskörper für ein optisches Bauteil nach Anspruch 1 für die Übertragung ultravioletter Strahlung einer Wellenlänge von 250 nm und kürzer, insbesondere für eine Wellenlänge von 157 nm, dadurch gekennzeichnet, dass dessen Spannungsdoppelbrechung weniger als 10 nm/cm und dessen Inhomogenität im Brechungsindex  $\Delta n$  weniger als  $20 \times 10^{-6}$  beträgt.
3. Quarzglaskörper für ein optisches Bauteil nach An-

spruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Bauteil ein Rohling für ein Spiegelsubstrat oder ein Maskensubstrat zum Einsatz in der Mikrolithographie ist.

4. Quarzglaskörper für ein optisches Bauteil nach Anspruch 1 für die Übertragung ultravioletter Strahlung einer Wellenlänge von 250 nm und kürzer, insbesondere für eine Wellenlänge von 157 nm, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundtransmission im Wellenlängenbereich zwischen 155 nm und 250 nm bei einer Durchstrahlungslänge von 10 mm mindestens 95% beträgt.

5. Quarzglaskörper für ein optisches Bauteil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass dessen Spannungsdoppelbrechung weniger als 2 nm/cm und die Inhomogenität im Brechungsindex  $\Delta n$  weniger als  $2 \times 10^{-6}$  beträgt.

6. Quarzglaskörper für ein optisches Bauteil nach Anspruch 4 oder 5 für die Übertragung ultravioletter Strahlung einer Wellenlänge von 250 nm und kürzer, insbesondere für eine Wellenlänge von 157 nm, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Bauteil ein Rohling für eine Linse zum Einsatz in der Mikrolithographie ist.

7. Verfahren zur Herstellung eines Quarzglaskörpers für ein optisches Bauteil zur Übertragung ultravioletter Strahlung einer Wellenlänge von 250 nm und kürzer, insbesondere für eine Wellenlänge von 157 nm, das die folgenden Schritte umfasst:

a) Hydrolisieren einer Silizium-Verbindung in einer Flamme, wobei feine Quarzglasteilchen entstehen,

b) Abscheiden der feinen Quarzglasteilchen auf einem Träger unter Bildung eines porösen Sootkörpers,

c) Heißbehandeln des Sootkörpers aus Schritt b) in mindestens 2 Teilschritten im Temperaturbereich von 850°C bis 1600°C, wobei der letzte Teilschritt eine Sinterung umfasst und wobei die Atmosphäre während mindestens einem der mindestens 2 Teilschritte Halogen, Wasserstoff, Sauerstoff oder eine Kombination dieser Stoffe als nicht zündfähiges Gemisch enthält.

8. Verfahren zur Herstellung eines Quarzglaskörpers für ein optisches Bauteil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass während des ersten Teilschritts der Heißbehandlung die Atmosphäre Halogen und Wasserstoff oder Halogen und Sauerstoff enthält und der letzte Teilschritt der Heißbehandlung unter Inertgas oder Vakuum erfolgt.

9. Verfahren zur Herstellung eines Quarzglaskörpers für ein optisches Bauteil nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, dass während des ersten Teilschritts der Heißbehandlung die Atmosphäre nur Halogen und während des letzten Teilschritts Wasserstoff oder Sauerstoff enthält.

10. Verfahren zur Herstellung eines Quarzglaskörpers für ein optisches Bauteil nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das während der Heißbehandlung zugeführte Halogen eine Fluor- bzw. Chlorverbindung umfasst.

11. Verfahren zur Herstellung eines Quarzglaskörpers für ein optisches Bauteil nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Teilschritt der Heißbehandlung in einem Temperaturbereich zwischen 850°C und 1300°C erfolgt.

12. Verfahren zur Herstellung eines Quarzglaskörpers für ein optisches Bauteil nach einem der Ansprüche 7

bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass als zusätzlicher Verfahrensschritt d) der Quarzglaskörper durch Umformung und/oder Temperung homogenisiert wird.

13. Verfahren zur Herstellung eines Quarzglaskörpers für ein optisches Bauteil nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperung in einem Temperaturbereich zwischen 900°C und 1200°C erfolgt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

Fig. 1

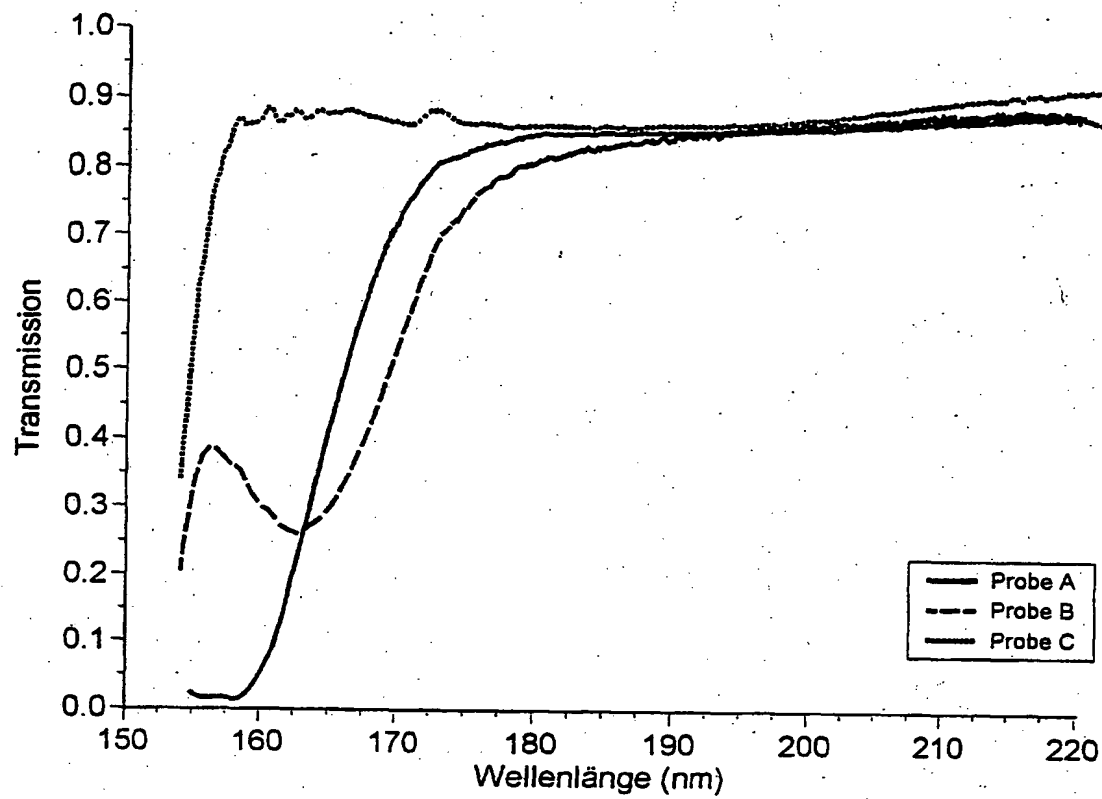


Fig. 2

